

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-096372

(43)Date of publication of application : 09.04.1999

(51)Int.Cl.

G06T 7/00
G01B 11/24
G06T 9/20
G06T 7/60

(21)Application number : 09-270395

(71)Applicant : OMRON CORP

(22)Date of filing : 16.09.1997

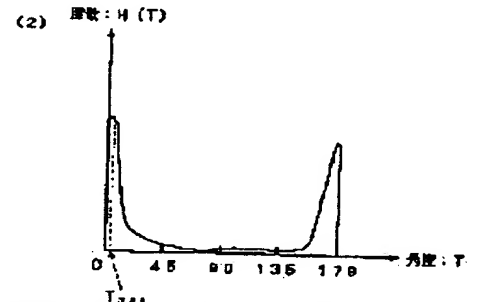
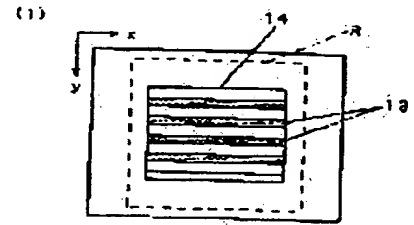
(72)Inventor : FUJIEDA SHIRO

(54) METHOD AND DEVICE FOR PROCESSING IMAGE AND RECORDING MEDIUM OF CONTROL PROGRAM FOR IMAGE PROCESSING

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To easily perform object oriented specific processing also with high accuracy.

SOLUTION: A measurement area R of a prescribed size is set on an image that is obtained by photographing an object, and a mask for edge extraction is successively scanned in the area R. Each time a remarked pixel is decided as an edge, the degree of the edge in the edge direction is undergone addition processing and an edge direction histogram that shows the degree of an edge in each edge direction in the end. An angle Tmax at which maximum peak value is acquired on the histogram is specified as the direction of the object.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 30.10.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 16.03.2004

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C): 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-96372

(43) 公開日 平成11年(1999) 4月9日

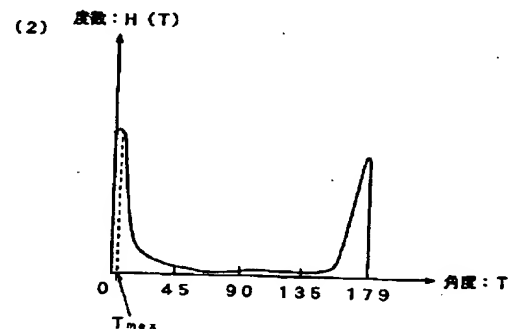
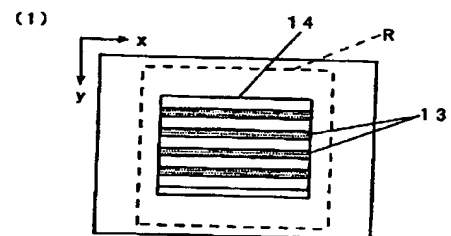
(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	F I	
G 0 6 T 7/00		G 0 6 F 15/62	4 0 0
G 0 1 B 11/24		G 0 1 B 11/24	K
			A
G 0 6 T 9/20		G 0 6 F 15/70	3 3 5 Z
7/60			3 5 0 H
審査請求 未請求 請求項の数9 F D (全 13 頁)			
(21) 出願番号	特願平9-270395	(71) 出願人	000002945 オムロン株式会社 京都府京都市右京区花園土堂町10番地
(22) 出願日	平成9年(1997) 9月16日	(72) 発明者	藤枝 紫朗 京都府京都市右京区花園土堂町10番地 オムロン株式会社内
		(74) 代理人	弁理士 鈴木 由充

(54) 【発明の名称】 画像処理方法およびその装置、ならびに画像処理用の制御プログラムの記録媒体

(57) 【要約】

【課題】 対象物の向きの特定制を簡単かつ精度良く実施する。

【解決手段】 対象物を撮像して得られた画像上に所定大きさの計測領域Rを設定し、この計測領域Rにエッジ抽出用のマスクを順次走査する。着目画素がエッジと判断される毎に、そのエッジ方向におけるエッジの度合いが加算処理され、最終的にエッジ方向毎のエッジの度合いを示すエッジ方向ヒストグラムが作成される。このヒストグラム上で最大のピーク値が得られる角度 T_{max} が、対象物の向きとして特定される。



【請求項6】 前記向き特定手段は、前記ヒストグラム

作成手段により作成されたヒストグラムのパターンに前記基準パターンの一部を照合して対象物の向きを特定す

5 請求項 5 に記載された画像処理装置。

形成手段により作成されたヒストグラムのパターンを前記基準パターンの全パターンの全パターンと照合して対象物の向きを

【請求項8】 対象物を撮像して得られた濃淡画像上に

所定の画像領域を設定してその領域内のエッジを抽出するステップ、

の度合いをエッジ方向毎に示すヒストグラムを作成す

前記作成されたヒストグラムのパターンを用いて前記対

たための制御プログラムを記録した画像処理用の制御プログラムの記録媒体

【請求項9】 対象物を撮像して得られた濃淡画像上に

ラスツツ、

の度合いをエッジ方向毎に示すヒストグラムを作成す

所定の位置を向いて配置された対象物のモデルの画像に
前記エッジ抽出のステップとヒストグラム作成のステップ

『』を実施した後、作成されたヒストグラムを基準パタ
-ンとしてメモリ内に登録するステップ、

日記対象物の濃淡画像について作成されたヒストグラム
のパターンを前記メモリ内の基準パターンと照合して前

対象物の向きを特定するスナップ、の各スナップを実
行するための制御プログラムを記録した画像処理用の制

【発明の詳細な説明】
中プログラムの記録媒体。

【産業上の利用分野】この発明は、対象物を撮像して得

るかに画像を用いてその対象物がいずれの方向を向いて
いるかを計測するための方法および装置に関連し、さら

この発明は、前記計測処理をコンピュータにより実施させるための制御プログラムを記録した記録媒体に関する。

【0002】

形状の良否を判別する場合、この対象物の画像をあら

対する類似度合いにより対象物の良否を判定する処理

かどの方向を向いているかを計測し、対象物のモデルに対する回転ずれ分だけ画像を回転矯正しておく必要が

92

【0003】また工場で製品を出荷する際などに対象物の向きが一定方向に揃っているか否かを判別する場合にも、画像処理により対象物の方向を計測する処理が行われている。

【0004】従来の対象物の向きを計測するための代表的な方法としては、①主軸角を計測する方法、②辺角を計測する方法、③マッチング処理による方法などが存在する。このうち①の方法は、対象物に等価楕円を設定してその対象物の主軸を特定し、その軸方向を求めるというものである。また②の方法では、画像上のエッジを追跡して対象物の特定の輪郭線に相当する直線を特定した後、その直線上に計測領域を設定して直線の傾きを求め、その計測結果を対象物の傾きとする。

【0005】さらに③の方法では、対象物のモデル画像を所定角度ずつ回転させて複数の回転モデルを設定しておき、これら各モデル毎に対象物の画像とのマッチング処理を実施する。これにより最も高い相関値が得られたときの回転モデルに対応する回転角度が、基準のモデル画像に対する対象物の回転角度として特定される。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】上記①の方法では、対象物に等価楕円を設定する必要があるが、正方形など等価楕円が円に近似する対象物については主軸の特定が困難になり、計測精度が悪くなる。また画像にノイズが存在すると、等価楕円の設定に狂いが生じ、安定した計測が行えないという問題も発生する。

【0007】②の方法では、エッジ追跡による直線の検出や目的とする直線の特定は、複雑な処理を要するため、処理時間が多大なものとなる。さらにこの処理もノイズの影響を受けやすいので、計測精度が不安定である。

【0008】③の方法を用いる場合は、複数の回転モデルとのマッチング処理を実施するので、処理に多大な時間がかかり、またこれら回転モデルを記憶するために容量の大きなメモリが必要となる。また処理の高速化や高精度化を実現するには、処理速度の速いCPUや多数のモデルを登録可能なメモリを組み込む必要があるため、ハード構成にかかるコストが著しく増大する。しかもモデルに対し対象物の大きさや形状が変動すると、算出される相関値の値が小さくなり、やはり安定した計測を実施できなくなるといった問題もある。

【0009】この発明は上記問題点に着目してなされたもので、対象物を撮像して得られた濃淡画像上において、対象物の特徴を示すエッジが、どの方向にどの位の度合いで存在するかを示すヒストグラムを用いることにより、対象物の向きの特定処理を簡単かつ精度良く行って、計測処理の向上を実現することを技術課題とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記技術課題を解決するために、請求項1の発明にかかる画像処理方法では、対

象物の画像を含む所定の画像領域について、その領域に含まれるエッジの度合いをエッジ方向毎に示すヒストグラムを作成し、そのヒストグラムのパターンを用いて対象物の向きを特定することを特徴とする。

【0011】また請求項2の発明にかかる画像処理方法では、所定の方角を向いて位置する対象物のモデルの画像を用いて、前記モデルの画像を含む所定の画像領域におけるエッジの度合いをエッジ方向毎に示すヒストグラムを作成した後、そのパターンを基準パターンとして登録しておき、前記対象物の画像を含む所定の画像領域について、その領域内に含まれるエッジの度合いをエッジ方向毎に示すヒストグラムを作成した後、そのヒストグラムのパターンを前記基準パターンと照合して、対象物の向きを特定するようにしている。

【0012】請求項1の方法を実施するための画像処理装置として、請求項3の発明は、対象物を撮像して得られた濃淡画像を入力する画像入力手段と、入力された濃淡画像上に所定の画像領域を設定してその領域内のエッジを抽出するエッジ抽出手段と、前記エッジ抽出結果を用いて前記画像領域におけるエッジの度合いをエッジ方向毎に示すヒストグラムを作成するヒストグラム作成手段と、前記作成されたヒストグラムのパターンを用いて前記対象物の向きを特定する向き特定手段とを備えた装置を構成する。

【0013】請求項4の発明にかかる画像処理装置では、前記向き特定手段は、前記ヒストグラムにおけるピークを用いて前記対象物の向きを特定する。

【0014】請求項5の発明にかかる画像処理装置は、請求項2の方法を実現するために、請求項3と同様の画像入力手段、エッジ抽出手段、ヒストグラム作成手段を具備するほか、所定の位置を向いて配置された対象物のモデルの画像により前記エッジ抽出手段およびヒストグラム作成手段を用いて作成されたヒストグラムのパターンを、基準パターンとして記憶するメモリと、前記ヒストグラム作成手段により作成されたヒストグラムのパターンを前記メモリ内の基準パターンと照合して対象物の向きを特定する向き特定手段とを備えている。

【0015】前記向き特定手段は、請求項6の発明では、前記ヒストグラム作成手段により作成されたヒストグラムのパターンに前記基準パターンの一部を照合して対象物の向きを特定する。また請求項7の発明では、前記ヒストグラム作成手段により作成されたヒストグラムのパターンを前記基準パターンの全パターンと照合して対象物の向きを特定する。

【0016】請求項8、9の発明は、画像処理用の制御プログラムの記録媒体にかかるもので、請求項8の発明の記録媒体には、対象物を撮像して得られた濃淡画像上に所定の画像領域を設定してその領域内のエッジを抽出するステップ、前記エッジ抽出結果を用いて前記画像領域におけるエッジの度合いをエッジ方向毎に示すヒスト

グラムを作成するステップ、前記作成されたヒストグラムのパターンを用いて前記対象物の向きを特定するステップ、の各ステップを実施するための制御プログラムが記録される。

【0017】請求項9の発明の記録媒体には、対象物を撮像して得られた濃淡画像上に所定の画像領域を設定してその領域内のエッジを抽出するステップ、前記エッジ抽出結果を用いて前記画像領域におけるエッジの度合いをエッジ方向毎に示すヒストグラムを作成するステップ、所定の位置を向いて配置された対象物のモデルの画像に前記エッジ抽出のステップとヒストグラム作成のステップとを実施した後、作成されたヒストグラムを基準パターンとしてメモリ内に登録するステップ、前記対象物の濃淡画像について作成されたヒストグラムのパターンを前記メモリ内の基準パターンと照合して前記対象物の向きを特定するステップ、の各ステップを実施するための制御プログラムが記録される。

【0018】

【作用】請求項1, 3, 8の発明では、所定の画像領域について、その領域内に含まれるエッジの度合いをエッジ方向毎に示すヒストグラムを作成し、そのヒストグラムのパターンを用いて対象物の向きを特定するので、対象物の形状や大きさにかかわらず、また画像上で対象物の特定の部分を抽出するような複雑な処理も必要もなく、簡単かつ高速に対象物の向きを特定することができる。しかも画像にノイズがのったり、照明が変動するなどして画像の一部の明るさが変化しても、ヒストグラムのパターン形態には大きな影響は及ばないので、安定した計測が可能である。

【0019】請求項2, 5, 9の各発明では、あらかじめ所定の位置を向いて配置された対象物のモデルによりヒストグラムの基準パターンを作成しておく。この後、対象物についてエッジ方向毎のヒストグラムが得られると、そのパターンを前記基準パターンと照合することにより対象物の向きが特定されるので、前記③のマッチング処理のように各方向毎の回転モデルを作成する必要もなく、モデルと対象物との位置関係を精度良く認識できる。

【0020】

【実施例】図1は、この発明の一実施例にかかる画像処理装置の構成を示すもので、テレビカメラ1（以下単に「カメラ1」という）、A/D変換器2、D/A変換器3、モニタ4、画像メモリ5、キャラクタ・グラフィックメモリ6、CPU7、メモリ8、入力部9、出力部10などを構成として含んでいる。

【0021】この画像処理装置は、例えば工場の検査ラインに設置されて、順次搬送される製品（以下「対象物」という）が定められた所定の方向を向いて配置されているか否かを判別するためのもので、カメラ1により対象物を撮像して得られた画像を処理して、対象物がい

ずれの方向を向いているかを計測する。その計測結果はモニタ4に表示するなどの方法でオペレータに報知される。

【0022】カメラ1により撮像されたアナログ量の画像データは、A/D変換器2に与えられてデジタル量の画像データに変換され、画像メモリ5へと格納される。また前記A/D変換された画像データは、画像バス11を介してD/A変換器3に与えられて、アナログ量のデータに復号された後モニタ4へと出力される。

10 【0023】キャラクタ・グラフィックメモリ6は、後記するエッジ方向ヒストグラムを作成する際に用いられるもので、ヒストグラムや所定のメッセージ情報などをモニタ4に表示させるためのイメージデータやキャラクタデータを記憶する。

【0024】前記メモリ8には、あらかじめフロッピディスクやCD-ROMなどの記憶媒体に記録された制御プログラムがインストールされるほか、この制御プログラムの実行時に生成される各種データやヒストグラムの基準パターン（後記する第2実施例で詳細を説明する）を記憶するための記憶領域を具備している。制御主体であるCPU7は、CPUバス12を介して画像メモリ5にアクセスし、その画像データに前記インストールされた制御プログラムに基づく処理を実行することにより、前記計測処理に関する一連の制御処理を実施する。

【0025】なお入力部9は、処理に先立ち計測領域の設定データを入力したり、計測結果の確認処理を行う際などに用いられる。出力部10は、CPU7の指令に応じて判別結果をモニタ4や図示しない外部装置などに出力する際に用いられる。

30 【0026】上記構成の画像処理装置は、カメラ1により取り込まれた対象物の画像上に所定大きさの計測領域を設定した後、その領域内において、異なる方向毎にその方向を向くエッジがどのくらい存在するかを示す度数を表したヒストグラムを作成し、その分布パターンを用いて対象物の方向を特定するようにしている（以下このヒストグラムを「エッジ方向ヒストグラム」という）。

【0027】対象物の画像上では、その輪郭形状や模様などを反映する複数方向のエッジが抽出されるが、一般に、人は、最も多く出現するエッジ方向に基づいて対象物の向きを認識する傾向にある。そこでこの発明の第1の実施例では、作成されたエッジ方向ヒストグラム上で最もエッジの度合いが高くなる方向を抽出し、この方向を対象物の向きとして特定するようにしている。

【0028】図2（1）は、矩形状の対象物を撮像して得られた入力画像の一例を示す。この対象物の表面には長手方向に伸びる複数本の縞模様13が描かれており、図中の対象物14は、長手方向がx軸方向にほぼ沿った状態で位置している。なお図中Rは、あらかじめ定められた計測領域である。

50 【0029】図2（2）は、前記計測領域R内の画像デ

ータより作成されたエッジ方向ヒストグラムを示す。図中、横軸はエッジ方向に相当する角度 T を表すもので、 x 軸方向を基準の0度(180度)とおき、0度~179度の変動範囲が設定されている。また縦軸は、各角度 T 毎のエッジの度合いを示すデータ $H(T)$ (以下「度数データ $H(T)$ 」)という)である。

【0030】前記計測領域 R の画像データにエッジ抽出処理を施した場合、対象物の上下、左右の輪郭線に相当するエッジのほかに、各縞模様の輪郭線に相当するエッジが抽出されることになる。したがってその抽出結果に基づくエッジ方向ヒストグラムは、図2(2)に示すように、 x 軸方向およびその近傍方向(すなわち0度付近)におけるエッジの度合いが優勢になるような度数分布のパターンをとるもので、度数データが最大値をとる時の角度 T_{max} が、対象物の向きとして特定される。

【0031】図3(1)、図4(1)、図5(1)は、それぞれ前記対象物とその長手方向を x 軸方向に対し所定角度だけ傾けた状態で位置する場合の入力画像を示す。また図3(2)、図4(2)、図5(2)は、それぞれ図3(1)、図4(1)、図5(1)の各入力画像より得られたエッジ方向ヒストグラムを示すもので、各ヒストグラムとも、対象物の長手方向が入力画像上のいずれの方向を向くかに応じて最大のピークが得られる角度方向が変動する。

【0032】図6は、上記計測処理にかかる制御手順を示すもので、以下同図の流れに沿って、CPU7による*

$$\begin{aligned} dx(x, y) = & \{ I(x+L, y-L) + I(x+L, y) + I(x+L, y+L) \} \\ & - \{ I(x-L, y-L) + I(x-L, y) + I(x-L, y+L) \} \\ & \dots (1) \end{aligned}$$

【0037】

【数2】

$$\begin{aligned} dy(x, y) = & \{ I(x-L, y+L) + I(x, y+L) + I(x+L, y+L) \} \\ & - \{ I(x-L, y-L) + I(x, y-L) + I(x+L, y-L) \} \\ & \dots (2) \end{aligned}$$

【0038】つぎにCPU7は、算出された各濃度勾配値 $dx(x, y)$ 、 $dy(x, y)$ をつぎの(3)式もしくは(4)式にあてはめて、着目画素 g が周辺画素に対しエッジに相当するだけの濃度勾配を有しているか否※

$$|dx(x, y)| + |dy(x, y)| > th1 \quad \dots (3)$$

【0040】

【数4】

$$dx(x, y) \cdot dx(x, y) + dy(x, y) \cdot dy(x, y) > th2 \quad \dots (4)$$

【0041】上記判別処理により着目画素 g がエッジに相当すると判断されると、ステップ5が「YES」となってステップ6へと移行し、CPU7は、この着目画素 g におけるエッジ方向を算出する。

【0042】このエッジ方向は、前記各濃度勾配値 $dx(x, y)$ 、 $dy(x, y)$ の示す濃度変化量の合成ベ

*制御処理の詳細を説明する。なお図中の「ST」は、それぞれ文中の「ステップ」を意味するものである。また以下の説明で $(x1, y1)$ 、 $(x2, y2)$ はそれぞれ前記計測領域 R の左上頂点、右下頂点の座標を示す。

【0033】まずカメラ1により計測対象物が撮像されると、その濃淡画像は画像メモリ5に格納されるとともに、モニタ4上に表示される(ステップ1)。これを受けてCPU7は、ステップ2で、着目画素 g の座標

(x, y) を $(x1, y1)$ に初期設定し、この着目画素 g における x, y 各軸方向毎の濃度勾配 $dx(x, y)$ 、 $dy(x, y)$ を算出する(ステップ3)。

【0034】この濃度勾配 $dx(x, y)$ 、 $dy(x, y)$ は、図7に示すように、着目画素を中心に所定大きさ(図7では5画素×5画素)の正形状のマスクを設定し、このマスク内の各画素の濃度値を、ソーベルオペレータなどのエッジ検出オペレータにあてはめることにより、算出される。

【0035】いまマスクの1辺の長さを $2L+1$ ($L \geq 1$:図7の場合は $L=2$)とおくと、ソーベルオペレータを用いた濃度勾配 $dx(x, y)$ 、 $dy(x, y)$ の算出式は、つぎの(1)(2)式により表される。なお(1)(2)式中、 $I(x, y)$ は、座標 (x, y) の画素における濃度値を意味する。

【0036】

【数1】

※かを判別する(ステップ4)。なお $th1$ 、 $th2$ は、あらかじめ定められたしきい値である。

【0039】

【数3】

クトルの方向に相当するもので、ここでは、つぎの(5)式により x 軸に対する角度 $T(x, y)$ として表現される。なお $T(x, y)$ は、0~179の範囲の整数値をとるように設定される。

【0043】

【数5】

$$T(x, y) = \arctan(dy(x, y)/dx(x, y)) + 90 \quad \dots (5)$$

【0044】こうして着目画素gのエッジ方向を示す角度T(x, y)が求められると、つぎのステップ7で、CPU7は、前記エッジ方向ヒストグラム中で角度T(x, y)に対応する度数データH(T(x, y))を算出する。

【0045】この度数データの算出は、前記ステップ6で算出された角度T(x, y)に対応する度数データH(T(x, y))の値に単純に「1」を加えるだけでもよい(6)式に示す)。しかしながらこの方法によると、度数データは、画素のエッジ強度にかかわらず、抽出されたエッジの数分ずつ平等に加算されていくことになるので、ヒストグラムの高低差が小さくなり、対象物の方向を特定しにくいという問題がある。

【0046】

【数6】

$$H(T(x, y)) = H(T(x, y)) + 1 \quad \dots (6)$$

【0047】このため上記(6)式を用いる場合には、先のステップ4の判定処理に用いるしきい値th1またはth2を高く設定する必要がある。これを避けるに *
T=1~178のとき

$$H(T) = H\{H(T-1) + H(T) + H(T+1)\} / 3 \quad \dots (9) - 1$$

T=0のとき

$$H(T) = H\{H(179) + H(0) + H(1)\} / 3 \quad \dots (9) - 2$$

T=179のとき

$$H(T) = H\{H(178) + H(179) + H(0)\} / 3 \quad \dots (9) - 3$$

【0052】CPU7は、完成したエッジ方向ヒストグラムから度数が最大になる角度T_{max}を抽出し、このT_{max}を対象物の方向として特定する(ステップ13)。最後のステップ14で、CPU7は、モニタ4などに対し、対象物の方向の特定結果や前記エッジ方向ヒストグラムのイメージデータなどを出力し、対象物に対する計測処理を終了する。

【0053】図8(1)は、前記図2(1)に示した入力画像に対する計測結果の表示例を、また図8(2)は、前記図3(1)に示した入力画像に対する計測結果の表示例を、それぞれ示す。各例とも、入力画像のイメージデータとともに、前記手順により作成されたエッジ方向ヒストグラムを示すイメージデータHSTが表示されている。また画面上の所定位置には前記特定された対象物の向きを示す角度T_{max}の計測値が表示されるとともに、入力画像の対象物上に、その特定方向を示す直線Lが表示されている。

*は、つぎの(7)(8)式のいずれかを用いて、度数データH(T(x, y))に着目画素gのエッジ強度に応じた重み付けを行い、強度の強いエッジの方向がヒストグラム上に優勢的に出現するように処理するのが望ましい。

【0048】

【図7】

【0049】

【図8】

【0050】この後、ステップ8~11の処理により、計測領域R内で着目画素gを1画素ずつずらしながら順次ステップ3~7の処理が実施されて、エッジ方向ヒストグラムが作成される。さらにCPU7は、この後のステップ12で、各度数データH(T)をつぎの(9)-1~(9)-3の規則にあてはめることにより、ヒストグラムの平滑化処理を実施し、ノイズによる影響を除去する。

【0051】

【数9】

【0054】このように入力画像、向き特定の判断処理に用いたヒストグラム、計測結果を対応づけて表示することにより、オペレータは、上記の計測過程を確認しつつ、特定された対象物の向きを認識することができる。

【0055】なお上記実施例では、説明を簡易化するために矩形の対象物を計測対象としたが、計測対象はこれに限らず、方向を特定づけられるような特徴部分を備えた対象物であれば、その形状に関わらず、上記方法によりその向きを計測することができる。

【0056】図9(1)(2)(3)は、清涼飲料水の缶を計測対象とした場合の計測結果の表示例を示す。各例とも、計測対象の缶を異なる角度ずつ回転させてプルタブのある上面側から撮像した後、各画像毎に上記図6の計測処理を実施したものである。各エッジ方向ヒストグラムとも、画像上のプルタブ15の引き上げ方向の向きに対応する角度の度数データが最大のピーク値をとり、対象物の画像上では、その最大のピーク値が得られ

11

た角度方向に、対象物の向きを示す直線が表示されている。

【0057】なおこの実施例では、エッジ方向を示す角度を1度おきに設定しているが、0.5度おき、0.1度おきなど、角度を細かく設定して、より詳細なヒストグラムを作成してもよい。もしくは図10に示す原理に基づき、最大のピーク値 $H(T_{max})$ と、その前後の度数データ $H(T_{max}-1)$ 、 $H(T_{max}+1)$ とを用いて、真の最大値が得られるときの角度を算出するようにしてもよい。

【0058】図10に示す原理は、前記エッジ方向ヒストグラムから得られたピークを放物線と想定するものである。ここでは前記3つの度数データ $H(T_{max})$ 、 $H(T_{max}-1)$ 、 $H(T_{max}+1)$ により示される3点が $f(\theta) = a\theta^2 + b\theta + c$ で表される放物線上にあ*

【0062】

【数12】

$$b = \frac{f(\theta_1+1) - f(\theta_1-1)}{2} \dots (12)$$

$$\theta_{max} = \theta_1 + \frac{f(\theta_1+1) - f(\theta_1-1)}{2\{f(\theta_1-1) - 2f(\theta_1) + f(\theta_1+1)\}}$$

$$= T_{max} - \frac{A+B}{2(A-B)} \dots (13)$$

$$\text{ただし } A = H(T_{max}-1) - H(T_{max}) ; B = H(T_{max}) - H(T_{max}+1)$$

【0064】上記方法により算出された θ_{max} を、前記エッジ方向ヒストグラムにおいて真の最大値が得られる角度方向とすることにより、対象物の方向を1度以下の単位まで特定することができる。

【0065】なお、上記実施例の場合、必ずしもヒストグラム上で最大のピーク値が得られる角度 T_{max} または θ_{max} を対象物の向きとする必要はなく、対象物の形状に応じて2番目以降のピーク値が得られる角度を採用してもよい。また前記最大のピーク値が得られる角度 T_{max} または θ_{max} に直交する角度方向を対象物の向きとすれば、前記図2～5のように所定方向に並んだエッジを有する対象物について、エッジの並び方向を対象物の向きとして抽出することができる。

【0066】このように、対象物を撮像して得られた画像上で、対象物の輪郭などの特徴を表すエッジが、どの方向にどの位存在するかを示すエッジ方向ヒストグラムを作成して、そのパターンにより対象物の向きを特定するので、対象物の大きさや形状にかかわらず、また画像上で対象物の特定の部分を抽出するような複雑な処理も必要もなく、簡単かつ高速に対象物の向きを特定することができる。しかもこの種の計測処理は、比較的簡易なハード構成で実現できるので、装置コストが削減でき、装置の汎用性が向上する。

【0067】また画像にノイズがのったり、照明が変動するなどして画像の一部の明るさが変化しても、ヒスト

12

*るものとし、前記角度 T_{max} 、 $T_{max}-1$ 、 $T_{max}+1$ をそれぞれ θ_i 、 θ_i-1 、 θ_i+1 とおく。このとき前記放物線の頂点Pの座標 $(\theta_{max}, f(\theta_{max}))$ について、つぎの(10)式の条件が成立する。

【0059】

【数10】

$$2 = \theta_{max} + b - 0 \dots (10)$$

【0060】ここで $\theta_i = 0$ 、 $\theta_i-1 = -1$ 、 $\theta_i+1 = 1$ と仮定して、これらの数値を前記放物線の式に代入することにより、(11)(12)式が得られる。よって(10)～(12)式より、前記放物線の頂点の座標 θ_{max} の算出式は、(13)式のようになる。

【0061】

【数11】

※【0063】

【数13】

30

グラムの分布状態に大きな影響は及ばない。しかも前記したエッジ判定処理やヒストグラム作成時の重み付け処理などにより、対象物の特徴にかかるエッジの方向が優勢的に反映されたヒストグラムが作成されるので、常に安定した計測が可能である。

【0068】つぎにこの発明にかかる第2の実施例について説明する。この実施例では、あらかじめ対象物のモデルを所定の方向に位置決めして撮像して、その画像データからエッジ方向ヒストグラムの基準パターンを生成して、前記メモリ8内に記憶しておき、対象物の画像から得られたエッジ方向ヒストグラムのパターンと前記基準パターンとのマッチング処理を行うことにより、対象物の方向を特定するというものである。

40

【0069】図11は、上記マッチング処理の原理を示す。図11(1)は、エッジ方向ヒストグラムの基準パターンを示す。この基準パターンは、前記モデルの画像に前記第1の実施例と同様の方法を実施することにより得られたエッジ方向ヒストグラムのパターンであり、横軸にエッジ方向を示す角度 U が、縦軸に各角度毎の度数データを $M(U)$ が、それぞれ設定されている。

【0070】この基準パターンのマッチング対象となるエッジ方向ヒストグラムは、図11(2)に示すように、0～179度の範囲の実際に計測された度数データ $H(T)$ による分布パターンに同形態のパターンを連続させて、0～359度の範囲のパターンとして設定され

13

る。これは、実計測値に相当する0～179度の範囲に前記基準ヒストグラムを対応させる必要からなされたものである。

【0071】前記マッチング処理は、計測対象物のエッジ方向ヒストグラム上で前記基準パターンに最も類似するマッチング位置を抽出するものである。この場合のマッチング位置は、モデルに対する対象物の回転ずれ量に相当するものとなるので、この実施例では、前記モデルの配置状態を回転角度0度として、抽出されたマッチング位置の角度を対象物の方向として特定している。

【0072】図12は、この第2の実施例における計測処理手順を示す。なおこの計測処理は、前記モデルの画像による基準パターンの作成、登録処理の後に実施されるもので、ステップ1で対象物の画像データが取り込まれた後、ステップ12まで前記図6と同様の処理が実施されて、0～179度の範囲内のエッジ方向ヒストグラムが作成される。

【0073】つぎにCPU7は、このヒストグラムの1*

$$S(T) = \frac{P}{\sqrt{Q \cdot R}} \quad \dots (14)$$

ただし

$$P = 180 \cdot \sum \{M(U) \cdot H(T+U)\} - \sum M(U) \cdot \sum H(T+U)$$

$$Q = 180 \cdot \sum \{M(U) \cdot M(U)\} - \sum M(U) \cdot \sum M(U)$$

$$R = 180 \cdot \sum \{H(T+U) \cdot H(T+U)\} - \sum H(T+U) \cdot \sum H(T+U)$$

なお $P < 0$ のときは $S(T) = 0$

【0077】このようにして対象物のエッジ方向ヒストグラムと基準パターンとのマッチング処理が終了すると、CPU7は、最も高い相関値が得られた走査位置の角度 T_{max} を抽出し、この角度を対象物の方向として特定する(ステップ15)。なおこの相関値が最大となる角度を抽出する際にも、前記図10の原理を適用して、対象物の向きを1度以下の単位まで特定することが可能である。

【0078】この後、CPU7は、ステップ16で、特定された角度やエッジ方向ヒストグラムなどの計測結果をモニタ4に出力し、処理を完了する。

【0079】この実施例により対象物の向きとして特定される角度 T_{max} は、前記したように、モデルに対する対象物の回転角度に相当するので、対象物の画像とモデルの画像とのマッチング処理を実施する場合などに、対象物の画像を回転補正する処理にも適用できる。この方法によれば、補正すべき角度を簡単かつ正確に抽出できるので、後の画像間のマッチング処理や対象物の良否判定などの処理精度も大幅に向上し、高精度の画像処理装置を提供することができる。

【0080】

【発明の効果】請求項1, 3, 8の発明では、対象物の特徴を示すエッジの度合いをエッジ方向毎に示すヒスト

14

*80度以降の度数データ $H(T)$ として、それぞれ角度 $T-180$ における度数データ $H(T-180)$ を設定し、ヒストグラムを2倍に拡張する(ステップ13)。

【0074】この後、CPU7は、前記基準パターンを、その原点が拡張処理されたエッジ方向ヒストグラム上の原点に重なるように初期設定し、以下、 $T=179$ 度になるまで1度ずつ基準パターンを走査しながら、各走査位置 T 毎につきの(14)式を実行する(ステップ14)。

【0075】なおここでいう走査位置 T とは、エッジ方向ヒストグラムの角度 T の軸上において前記基準ヒストグラムの原点($U=0$ の点)に重なった角度をいうもので、(14)式により算出された相関値 $S(T)$ は、走査位置 T から $T+179$ までの度数データ $H(T) \sim H(T+179)$ の変動パターンが前記基準パターンにどの程度類似するかを意味するものである。

【0076】

【数14】

グラムを作成し、そのヒストグラムのパターンを用いて対象物の向きを特定するので、対象物の向きを、その形状、大きさ、特徴にかかわらず、簡単かつ精度よく特定することができる。しかもヒストグラムはノイズや照明の変動などの影響を受けにくいので、安定した計測を行うことができる。また画像上で対象物の特定の部分を抽出するなどの複雑な処理を必要としないので、簡易なハード構成と高速処理とを、ともに実施できるという効果も得られる。

【0081】請求項2, 5, 9の各発明では、あらかじめ対象物のモデルによりヒストグラムの基準パターンを作成しておき、対象物の画像により作成されたヒストグラムのパターンを前記基準パターンと照合することにより対象物の向きを特定するので、従来のマッチング処理のように各方向毎の回転モデルを作成する必要なく、モデルと対象物との位置関係を精度良く認識できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の一実施例にかかる画像処理装置の構成を示すブロック図である。

【図2】入力画像の一例と、この入力画像から作成されるエッジ方向ヒストグラムとを示す図である。

【図3】対象物が図2と異なる方向に位置する場合の入力画像と、この入力画像から作成されるエッジ方向ヒスト

15

トグラムとを示す図である。

【図4】対象物が図2と異なる方向に位置する場合の入力画像と、この入力画像から作成されるエッジ方向ヒストグラムとを示す図である。

【図5】対象物が図2と異なる方向に位置する場合の入力画像と、この入力画像から作成されるエッジ方向ヒストグラムとを示す図である。

【図6】第1の実施例にかかる計測処理の手順を示すフローチャートである。

【図7】エッジを抽出するためのマスクを示す説明図である。

【図8】図6の計測処理による結果の表示例を示す図である。

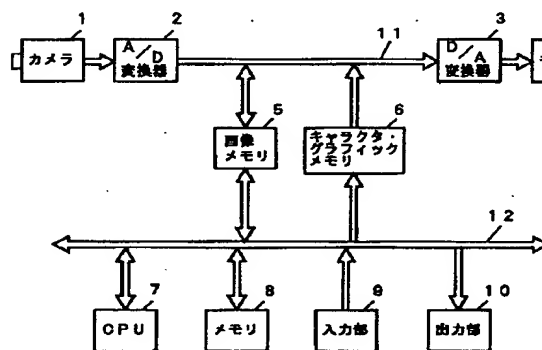
【図9】図6の計測処理による結果の表示例を示す図で

$$H(T(x, y)) = H(T(x, y)) + |dx(x, y)| + |dy(x, y)| \quad \dots (7)$$

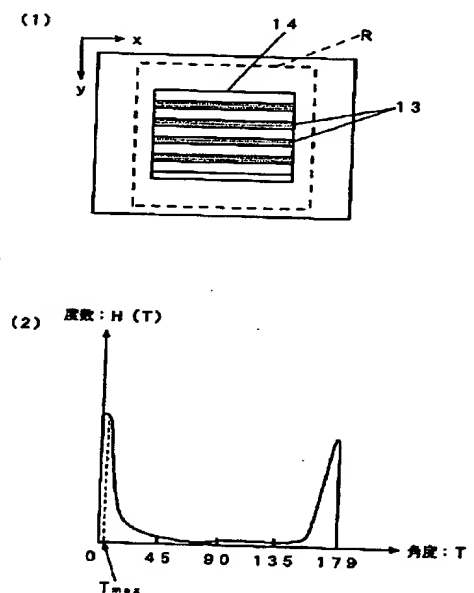
【数8】

$$H(T(x, y)) = H(T(x, y)) + dx(x, y) \cdot dx(x, y) + dy(x, y) \cdot dy(x, y) \quad \dots (8)$$

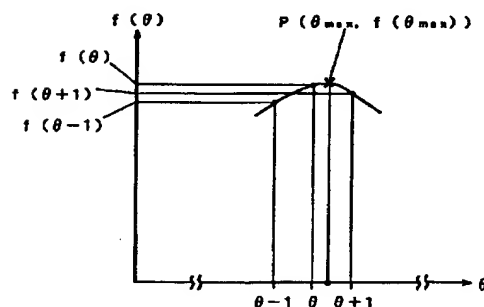
【図1】



【図2】



【図10】



ある。

【図10】ヒストグラムの真の最大位置を求める原理を説明する図である。

【図11】第2実施例のマッチング処理に用いる基準パターンと、マッチング処理対象として拡張処理されたエッジ方向ヒストグラムとを示す図である。

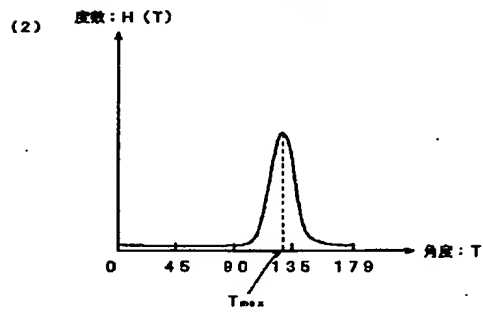
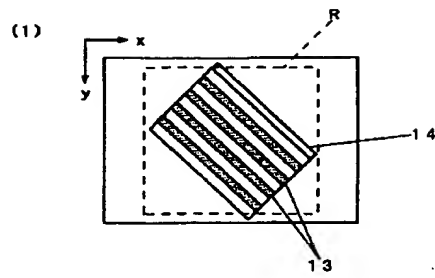
【図12】第2実施例にかかる計測処理手順を示すフローチャートである。

【符号の説明】

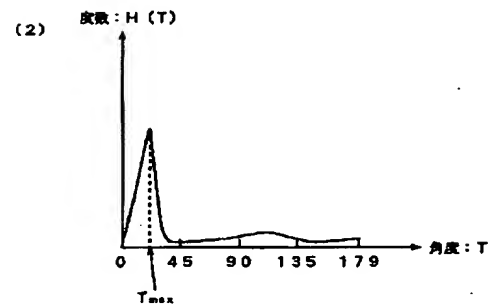
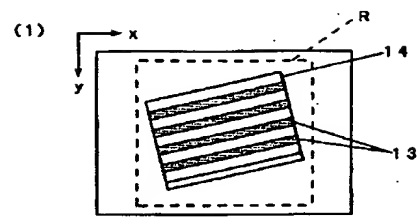
- 1 カメラ
- 5 画像メモリ
- 7 CPU
- 8 メモリ

【数7】

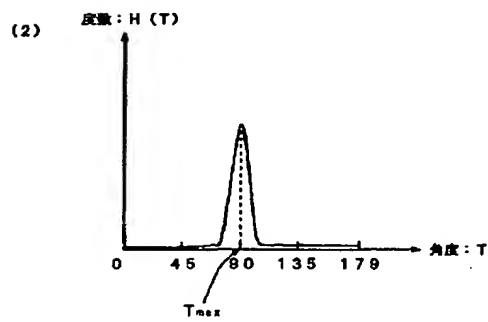
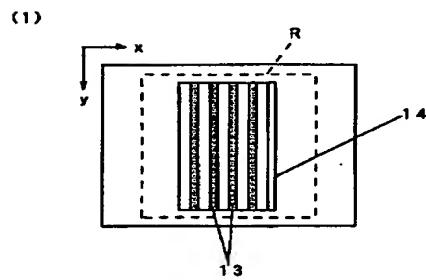
【図 3】



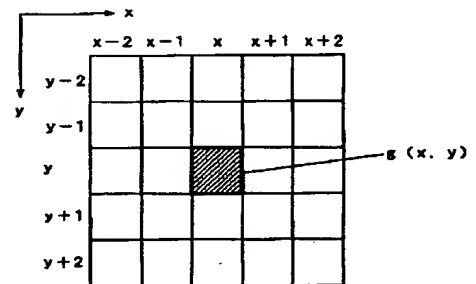
【図 4】



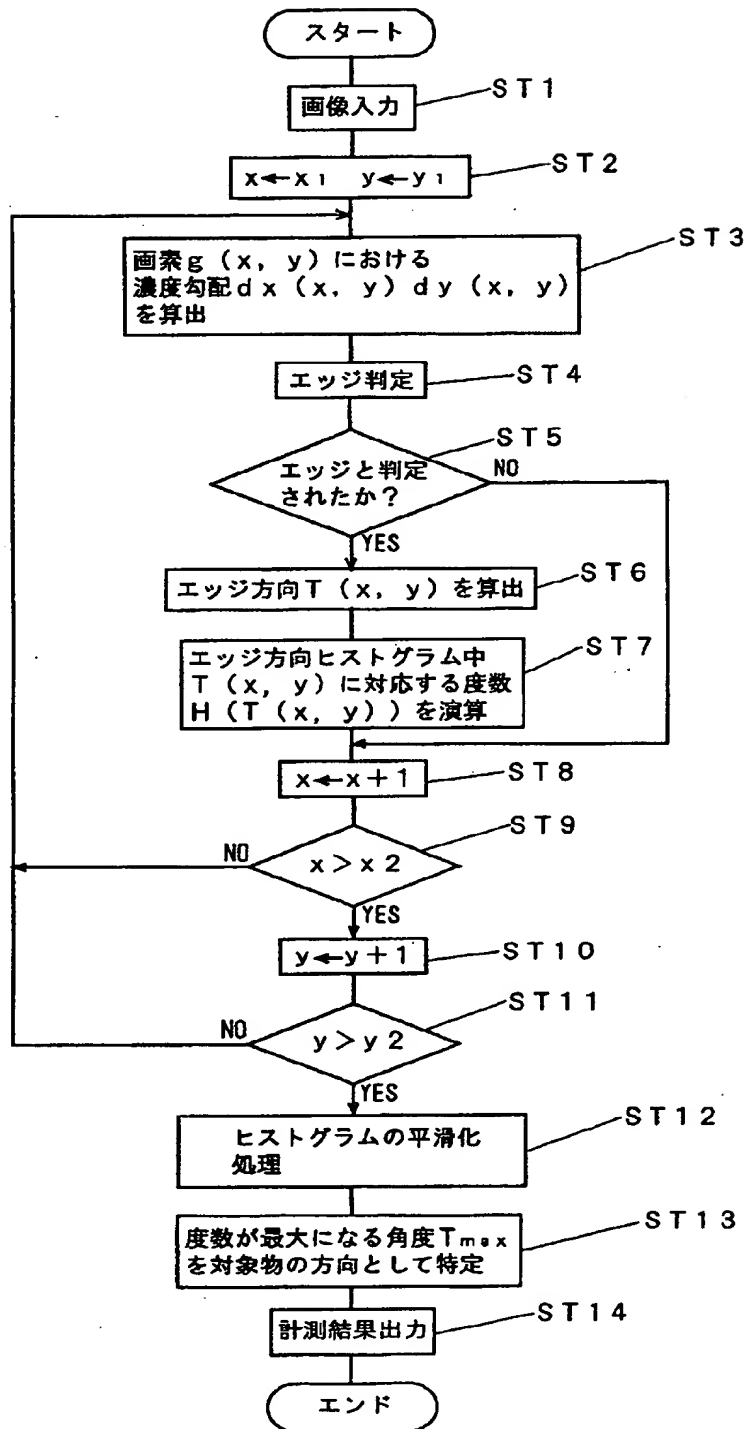
【図 5】



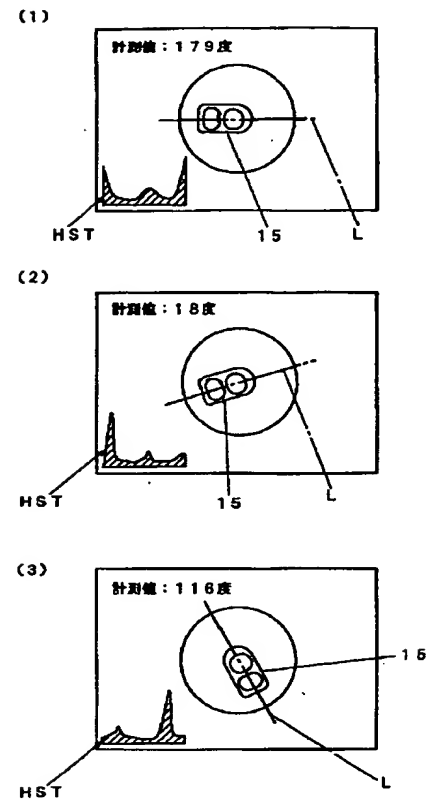
【図 7】



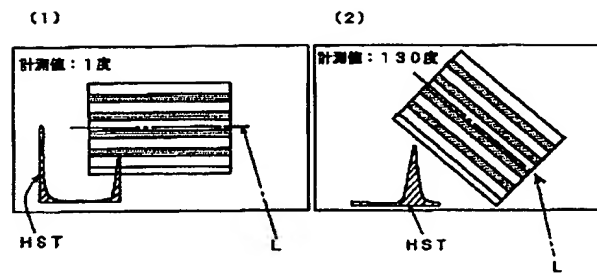
【図6】



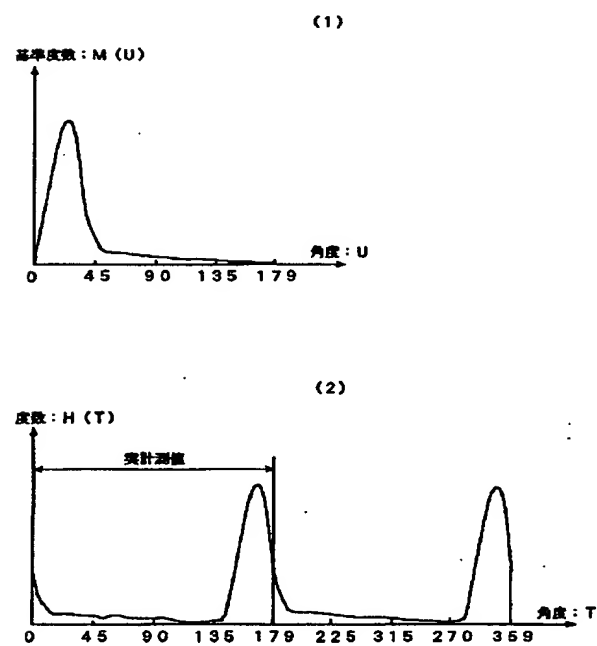
【図9】



【図 8】



【図 11】



【図12】

